

Die Erfindung betrifft eine peristaltische Pumpe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Peristaltische Pumpen der hier zur Rede stehenden Art sind grundsätzlich bekannt. Sie werden zur Förderung verschiedenster flüssiger oder gasförmiger Medien eingesetzt.

Ein grundsätzlicher Nachteil der peristaltischen Pumpen anhaftet besteht darin, dass ihr Fördervolumen nicht konstant ist, sondern mehr oder weniger pulsiert. Zudem unterliegt das vom Antriebsmotor pro Rotorumdrehung aufzubringende Drehmoment ebenfalls gewissen Schwankungen, was natürlich ebenso unerwünscht ist.

Aus der DE 198 14 943 A1 ist eine gattungsgemässe Schlauchpumpe bekannt. Die Pumpe ist mit einem Pumpengehäuse versehen, in dem der Pumpenschlauch sowie ein mit zwei Einschnürmitteln in Form von Rollen versehener Rotor angeordnet ist. Die beiden Einschnürmittel liegen einander diametral gegenüber. Um einen möglichst kontinuierlichen Förderbetrieb zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, den Pumpenschlauch im Eintrittsbereich der Einschnürmittel in seinem Querschnitt zu vergrössern. Dadurch soll im Eintrittsbereich ein vergrössertes Volumen zur Förderung bereitgestellt und ein Rückfluss des Mediums von der Austrittsseite in den Pumpenschlauch vermieden werden. Unabhängig davon, ob mit den beschriebenen Merkmalen der gewünschte Effekt erzielt werden kann, unterliegt das vom Antriebsmotor pro Rotorumdrehung aufzubringende Drehmoment grossen Schwankungen. Zudem dürfte die Fertigung eines derartigen Pumpenschlauchs aufwendig sein. Auch muss darauf geachtet werden, dass der Schlauch ortgenau in die Pumpe eingelegt wird. Da Schläuche mit steigender Gebrauchsdauer die Tendenz haben länger zu werden, besteht zudem die Gefahr, dass das verbreiterte Schlauchstück mit zunehmendem Gebrauch wandert und der gewünschte Effekt allmählich verloren geht.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, eine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgebildete Pumpe derart zu verbessern, dass sie ein pulsationsarmes Fördern ermöglicht, verschleissarm ist und einen hohen Wirkungsgrad besitzt, dass handelsübliche Schläuche verwendet werden können und dass die vom Antriebsmotor pro Rotorumdrehung aufzubringenden Drehmomentspitzen minimiert werden.

Diese Aufgabe wird mit einer Pumpe gelöst, die mit den im Kennzeichen des Anspruchs 1 angeführten Merkmalen versehen ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der peristaltischen Pumpe sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 14 definiert.

Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. In diesen Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 eine Explosionsdarstellung der peristaltischen Pumpe;

Fig. 2 die zusammengesetzte Pumpe gemäss Fig. 1 in einem ersten Querschnitt, und

Fig. 3 die zusammengesetzte Pumpe gemäss Fig. 1 in einem weiteren Querschnitt.

Die Figur 1 zeigt eine sechskanalige peristaltische Pumpe in einer Explosionsdarstellung. Die Pumpe besteht im wesentlichen aus einem Tragrahmen 1, einer Schlauchaufnahme 2, einem Rotor 3 sowie einem Anschlusselement 4 mit sechs daran angeordneten Schlauchabschnitten 43. Ein zur Kopplung mit einem nicht dargestellten Antriebsmotor vorgesehenes Zahnrad 5 ist ebenfalls ersichtlich.

Der formstabil ausgebildete Tragrahmen 1 bildet zusammen mit der Schlauchaufnahme 2 das eigentliche Gehäuse der Pumpe. Zur drehbaren Lagerung des Rotors 3 sind am Tragrahmen 1 zwei Lagerbuchsen 11 angeordnet. Die beiden Stirnseiten des Tragrahmens 1 werden durch Platten 12 gebildet, welche mit Schlitz 15a, 15b zum Fixieren des Tragrahmens 1 bzw. der gesamten Pumpe versehen sind. Schliesslich ist der Tragrahmen 1 auf beiden Seiten mit mehreren schlitzförmigen Aussparungen 13 versehen, in welchen Rastelemente 22 der Schlauchaufnahme 2 klemmend fixierbar sind, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Die Schlauchaufnahme 2 weist einen im wesentlichen omegaförmig ausgebildeten Schlauchbettkörper 25 auf, der sich auf der Innenseite coaxial zur Drehachse des Rotors 3 über ca. 130° kreisbogenabschnittförmig erstreckt und ein Schlauchbett bildet. Omegaförmig heisst im vorliegenden Fall, dass der Schlauchbettkörper 25 im wesentlichen die Form eines grossen Omega ( $\Omega$ ) aufweist. Im Endbereich bildet der Schlauchbettkörper 25 zwei Schenkel 2a, 2b, die von innen nach aussen in einem fließenden Übergang von einer konkaven in eine konvexe Form übergehen. Das Schlauchbett wird durch nutförmige Ausnehmungen 21 in sechs Abschnitte unterteilt, die der Aufnahme der flexiblen Schlauchabschnitte 43 dienen. Anstelle der nutförmigen Ausnehmungen 21 zur Bildung von sechs Abschnitten könnte auch eine Schlauchmatte, bestehend aus sechs miteinander verbundenen Schläuchen, zum

Einsatz kommen. In diesem Fall könnte der Schlauchbettkörper 25 mit einer weitgehend glatten Innenseite versehen werden. Die beiden Schenkel 2a, 2b des Schlauchbettkörpers 25 sind auf der Aussenseite mit Rastnasen 22 versehen, mittels welchen die Schlauchaufnahme 2 an den schlitzförmigen Aussparungen 13 des Tragrahmens 1 fixierbar ist. Auf der Aussenseite des Schlauchbettkörpers 25 sind radial verlaufende Verstärkungsrippen 23 sowie axial verlaufende Verstärkungsrippen 24 vorgesehen. Die radial verlaufenden Verstärkungsrippen 23 erstrecken sich ca. 180° über die Aussenseite des Schlauchbettkörpers 25. Jedenfalls ist die Schlauchaufnahme 2 derart dimensioniert, dass die beiden Schenkel 2a, 2b des Schlauchbettkörpers 25 endseitig in radialer Richtung federelastisch nachgiebig sind und ein schnelles Fixieren der Schlauchaufnahme 2 im Sinne einer Schnappverbindung am Tragrahmen 1 ermöglichen:

Der Rotor 3 besteht aus einem Rotorkörper 31, der mit einer zentralen Achse 32 versehen ist, die in die Lagerbuchsen 11 des Tragrahmens 1 eingesetzt wird. Am Rotorkörper 31 sind drei in Form von Walzen ausgebildete Förderrollen 33 drehbar gelagert. Der Rotorkörper 3 ist vorzugsweise aus Kunststoff gefertigt während die zentrale Achse 32 sowie die Förderrollen 33 vorzugsweise aus Metall bestehen.

Das Anschlusselement 4 besteht aus einem Grundelement 41, an dem zwölf Rohrabschnitte 42 befestigt sind. An den oberen Teilen dieser Rohrabschnitte 41 sind insgesamt sechs flexible Schlauchabschnitte 43 angeordnet, welche sich nach dem Zusammenbau der Pumpe an der Innenseite des Schlauchbettkörpers 25 anlegen und zur peristaltischen Förderung eines Mediums durch die Förderrollen 33 abquetschbar sind. Es versteht sich, dass die Gestaltung des Ein- und Auslaufbereichs nicht auf eine sechskanalige Pumpe beschränkt ist, sondern die Anzahl der Kanäle praktisch beliebig variierbar ist.

Der Zusammenbau der dargestellten Einzelteile zu einer Pumpe kann mit wenigen Handgriffen erfolgen, indem zuerst die einzelnen Schlauchabschnitte 43 am Anschlusselement 4 befestigt werden und danach der Rotor 3 von der Seite in die Schlaufen bildenden Schlauchabschnitte 43 eingeschoben wird. Danach wird die Schlauchaufnahme 2 u-förmig aufgestellt und der Rotor 3 zusammen mit dem Anschlusselement 4 und den daran angeschlossenen Schlauchabschnitten 43 von oben her eingeschoben. Anschliessend wird der Tragrahmen 1 aufgesetzt und ein Druck ausgeübt, so dass die Achse 32 des Rotors 3 sowie die Rastnasen 22 einschnappen. Schliesslich wird das Anschlusselement 4 am Tragrahmen 1 fixiert. Beim hier gezeigten Ausführungsbeispiel wird das Anschlusselement 4 mittels Schrauben befestigt. Alternativ kann zum Befestigen des Anschlusselements 4 jedoch eine

Schnappverbindung vorgesehen werden, welche ein schnelles Fixieren des Anschlusselements 4 am Tragrahmen 1 ermöglicht. Der gesamte Zusammenbau der Pumpe kann sehr schnell und ohne die Zuhilfenahme von Werkzeugen von einer Seite her erfolgen, was einen Vorteil bei der automatischen Fertigung darstellt.

Die Fig. 2 zeigt einen ersten Querschnitt durch die zusammengesetzte Pumpe. Aus dieser Darstellung sind insbesondere der Rotorkörper 31 zusammen mit den drei drehbar daran angeordneten und sich auf dem jeweiligen Schlauchabschnitt 43 abrollenden Förderrollen 33a, 33b, 33c, die Schlauchaufnahme 2 mit dem omegaförmig ausgebildeten Schlauchbettkörper 25 sowie die radialen und axialen Verstärkungsrippen 23, 24 ersichtlich. Die Verstärkungsrippen 23, 24 stellen sicher, dass die Schlauchaufnahme 2 formstabil ist und sich im Betrieb unter der Belastung der Förderrollen 33a, 33b, 33c nicht verformt. Wenn wie vorliegenden Fall von einer Drehrichtung D des Rotors 3 im Gegenuhrzeigersinn ausgegangen wird, so stellt der mit dem Bezugszeichen 35 versehene Bereich den Einlaufbereich dar, während der mit dem Bezugszeichen 36 versehene Bereich den Auslaufbereich 36 der Pumpe bildet. Durch die omegaförmige Gestaltung des Schlauchbettkörpers 25 mit einem "weichen" Ein- und Auslaufbereich wird ein kontinuierliches und pulsationsarmes peristaltisches Fördern des jeweiligen Mediums sichergestellt. Ein weiterer Vorteil des weichen Ein- und Auslaufs ist die Reduktion von Drehmomentspitzen, welche Motor und Getriebe belasten würden. Die Pumpe kann sowohl im Uhrzeigersinn wie auch im Gegenuhrzeigersinn betrieben werden.

Weicher bzw. kontinuierlicher Ein- und Auslaufbereich bedeutet, dass sowohl der Einlaufbereich 35 wie auch der Auslaufbereich 36 so gestaltet sind, dass durch die sich auf dem jeweiligen flexiblen Schlauchabschnitt 43 abrollende Förderrolle 33a, 33c der förderwirksame Schlauchquerschnitt kontinuierlich verkleinert bzw. vergrößert wird. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass der Schlauchbettkörper 25 genau gefertigt ist und im Betrieb eine hohe Formtreue aufweist, so dass die vorgegebenen Abstände zwischen Förderrolle 33a, 33b, 33c und Schlauchbettkörper 25 eingehalten werden.

Neben den genannten Vorteilen ergeben sich durch einen kontinuierlichen Ein- und Auslaufbereich 35, 36 weitere Vorteile, indem beispielsweise die bei der Rotation des Rotors 3 auftretenden Drehmomentschwankungen minimiert werden. Dies wird zusätzlich durch die Tatsache begünstigt, dass der Rotor 3 mit drei Förderrollen 33a, 33b, 33c versehen ist und der Einlaufbereich 35 gegenüber dem Auslaufbereich 36 um ca. 240° um die Drehachse des Rotors 3 versetzt ist, so dass sich die erste Förderrolle 33a in etwa in der Mitte des Einlaufbereichs 35 befindet, wenn sich die dritte Förderrolle 33c in etwa in der Mitte des Auslaufbereichs 36 befindet. Durch die gezeigte Gestaltung

wird zudem auch ein hoher Wirkungsgrad erzielt und die mechanische Belastung der Schlauchabschnitte reduziert, was deren Lebensdauer erhöht. Da die Pumpe symmetrisch gestaltet ist kann sie auch bidirektional, d.h. in beiden Drehrichtungen betrieben werden. Aus der Darstellung gemäss Fig. 2 ist zudem ersichtlich, dass der jeweilige Schlauchabschnitt 43 im Einlaufbereich 35 und im Auslaufbereich 36 nicht ganz zusammengequetscht ist, während er nach dem Einlaufbereich 35 durch die entsprechende Förderrolle 33b vollständig abgequetscht ist und eine peristaltische Förderung des jeweiligen Mediums ermöglicht. Eine derartig gestaltete Pumpe eignet sich insbesondere auch zum zellschonenden Fördern von flüssigen Medien wie beispielsweise Blut, da durch die spezifische Gestaltung des Ein- und Auslaufbereichs 35, 36 die Blutkörperchen geschont werden.

Die Ausbildung der Schlauchaufnahme 2 mit einem formstabilen Schlauchbettkörper 25 und federelastisch nachgiebigen Schenkeln 2a, 2b ermöglicht eine sehr schnelle und einfache Montage, indem die Schlauchaufnahme 2 einfach am Tragrahmen eingeklipst wird. Obwohl die Schenkel 2a, 2b für die Montage zwar federelastisch nachgiebig sein müssen, muss der Schlauchbettkörper 25 nach dem Fixieren eine hohe Masshaltigkeit und eine präzise Geometrie beibehalten. Dies wird u.a. dadurch erreicht, dass die federelastisch nachgiebigen Teile mittels äusserer formschlüssiger Abstützung am Tragrahmen 1 positioniert und versteift werden.

Aus der Fig. 3, welche die zusammengesetzte Pumpe in einem Querschnitt zwischen zwei Schlauchabschnitten 43 zeigt, ist insbesondere die klemmende Fixierung des Schlauchbettkörpers 25 am Tragrahmen 1 ersichtlich. Die auf der Aussenseite des Schlauchbettkörpers 25 angeordneten Rastelemente 22 greifen in die schlitzförmigen Aussparungen 13 im Tragrahmen 1 ein. Die Rastelemente 22 greifen zudem formschlüssig an einem oberen, die schlitzförmigen Aussparungen 13 begrenzenden Steg 14 des Tragrahmens 1 an. Um eine hohe Steifigkeit im flexiblen Bereich des am Tragrahmen 1 fixierten Schlauchbettkörpers 25 sicherzustellen, werden die Schenkel 2a, 2b des Schlauchbettkörpers 25 durch den Steg 14 des Tragrahmens 1 auf der Aussenseite formschlüssig abgestützt. Diese Gestaltung stellt insbesondere auch die präzise Einhaltung der optimierten Abstände zwischen den Förderrollen 33a, 33b, 33c und dem Schlauchbettkörper 25 sicher.

Die einzelnen, elastischen Schlauchabschnitte 43 unterstützen die Fixierung des Schlauchbettkörpers 25 am Tragrahmen 1 zusätzlich, da die Förderrollen 33a, 33b, 33c des Rotors 3 den Schlauchbettkörper 25 über die Schlauchabschnitte 43 in radialer Richtung belasten, so dass dessen Fixierung am Tragrahmen 1 zusätzlich unterstützt wird.

Das Anschlusselement 4 ist derart ausgestaltet und auf die Schlauchaufnahme 2 und den Rotor 3 abgestimmt, dass der einzelne Schlauchabschnitt 43 im wesentlichen tangential in den Schlauchbettkörper 25 der Schlauchaufnahme 2 hinein- und auch wieder hinausgeführt wird.

Obwohl vorgängig immer auf das in den Zeichnungen dargestellte Ausführungsbeispiel einer Pumpe mit 3 Förderrollen Bezug genommen wurde, versteht es sich, dass die Anzahl Förderrollen im Rahmen der durch die Patentansprüche definierten Erfindung praktisch beliebig variierbar ist. Dabei muss der Schlauchbettkörper 25 den Rotor 3 in Abhängigkeit der Anzahl Förderrollen zumindest soweit umschlingen, dass immer zumindest eine Förderrolle 33a, 33b 33c aktiv ist, d.h. mit dem jeweiligen Schlauchabschnitt im Eingriff steht und diesen abquetscht. Die minimale Umschlingung bzw. der minimale Umschlingungswinkel kann dabei folgendermassen berechnet werden:

$$\text{Umschlingung} = 360^\circ / \text{Anzahl-Förderrollen}$$

Bei Anwendung von Schlauchpumpen für höhere Drücke kann es darüber hinaus vorteilhaft sein, mindestens zwei Förderrollen zu jedem Zeitpunkt im Eingriff zu haben. In diesem Fall wird die Umschlingung nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Umschlingung} = 2 \times 360^\circ / \text{Anzahl Förderrollen}$$

Die berechnete Umschlingung ist jeweils als Mindestmass zu verstehen. Vorzugsweise wird die Umschlingung ca.  $10^\circ$  grösser gewählt, als der nach vorgängiger Formel berechnete Umschlingungswinkel. Unter Umschlingung ist derjenige Teil des Schlauchbetts zu verstehen, der den Rotor coaxial umfasst.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine erfindungsgemäss gestaltete, Pumpe ein pulsationsarmes Fördern ermöglicht, dass sie einen hohen Wirkungsgrad besitzt, verschleissarm ist und geringen Drehmomentschwankungen unterliegt. Zudem ist sie einfach und kompakt aufgebaut, besteht aus wenigen Teilen, kann schnell und ohne Werkzeug aus einer Montagerichtung zusammengebaut werden, so dass sie sich insbesondere auch für eine automatische Fertigung eignet. Ausserdem weist das aus Tragrahmen 1 und Schlauchaufnahme 2 bestehende Gehäuse der Pumpe nach dem Zusammenbau eine hohe Formtreue und Stabilität auf. Die Pumpe kann zudem bidirektional betrieben und universell eingesetzt werden. Sie eignet sich insbesondere auch zur zellschonenden Förderung von Flüssigkeiten wie beispielsweise Blut.

## Patentansprüche

1. Peristaltische Pumpe, mit einem in einem Gehäuse aufgenommenen Rotor (3), der mit zumindest einer drehbar gelagerten Förderrolle (33a, 33b, 33c) versehen ist, sowie einer Schlauchaufnahme (2) zur Aufnahme von zumindest einem flexiblen Schlauchabschnitt (43), welcher zur peristaltischen Förderung eines Mediums durch die Förderrolle (33a, 33b, 33c) abquetschbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schlauchaufnahme (2) mit einem Schlauchbettkörper (25) zur Aufnahme von zumindest einem Schlauchabschnitt (43) versehen ist, wobei der Einlauf- und/oder Auslaufbereich (35, 36) des Schlauchbettkörpers (25) derart ausgebildet ist, dass durch die sich auf dem jeweiligen Schlauchabschnitt (43) abrollende Förderrolle (33a, 33b, 33c) der förderwirksame Schlauchquerschnitt kontinuierlich verkleinert bzw. vergrößert wird.
2. Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25), in Drehrichtung des Rotors (3) gesehen, im Einlaufbereich (35) in einem fließenden Übergang von einer konvexen in eine konkave Form übergeht.
3. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25), in Drehrichtung des Rotors (3) gesehen, im Auslaufbereich (36) in einem fließenden Übergang von einer konkaven in eine konvexe Form übergeht.
4. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Förderrollen (33a, 33b, 33c) vorgesehen sind und dass, bezüglich der Drehachse des Rotors (3), der Einlassbereich (35) in Bezug auf den Auslassbereich (36) derart angeordnet ist, dass wenn sich eine Förderrolle (33a) im Einlassbereich (35) befindet, sich eine andere Förderrolle (33c) gleichzeitig im Auslassbereich (36) befindet.
5. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25) im wesentlichen omegaförmig ausgebildet ist.
6. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25) den Rotor (3) zumindest teilweise koaxial umschlingt.
7. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25) zusammen mit einem Tragrahmen (1) das Gehäuse der Pumpe bildet, wobei der Schlauchbettkörper (25) endseitig zwei in radialer Richtung federelastisch nachgiebige Schenkel (2a, 2b) aufweist, welche mit Rastelementen versehen sind, mittels welchen der Schlauchbettkörper (25) im Sinne einer

Schnappverbindung an Aussparungen (13) am Tragrahmen (1) eingeklipst werden kann.

8. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25) derart ausgebildet ist, dass dessen Formtreue und Fixierung am Tragrahmen (1) zusätzlich zu der federelastischen Eigenspannung der Schenkel (2a, 2b) durch die Kraftwirkung des gequetschten Schlauchabschnitts bzw. der gequetschten Schlauchabschnitte (43) unterstützt wird.

9. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25) mit einer Vielzahl von radial und/oder axial verlaufenden Verstärkungsrippen (23, 24) versehen ist.

10. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlauchbettkörper (25) auf der Innenseite mit einer Vielzahl von nutförmigen Ausnehmungen (21) zur Aufnahme und Führung einer Vielzahl von Schlauchabschnitten (43) versehen ist.

11. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Förderrollen (33a, 33b, 33c) walzenförmig ausgebildet sind und sich in axialer Richtung über die nutförmigen Ausnehmungen (21) hinweg erstrecken.

12. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der jeweilige Schlauchabschnitt (43) im wesentlichen tangential in den Schlauchbettkörper (25) hinein- und auch wieder hinausgeführt ist.

13. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (3) mit zumindest zwei Förderrollen (33a, 33b, 33c) versehen ist und dass der Schlauchbettkörper (25) den Rotor (3) um zumindest 360° geteilt durch die Anzahl-Förderrollen coaxial umschlingt.

14. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (3) mit drei Förderrollen (33a, 33b, 33c) versehen ist und der Einlaufbereich (35) gegenüber dem Auslaufbereich (36) um 210 bis 270°, vorzugsweise um ca. 240°, um die Drehachse des Rotors (3) versetzt ist.





